

# 水工隧洞混凝土施工方法及工艺

张伟

新疆额尔齐斯河投资开发(集团)有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i2.4700

**[摘要]** 为了有效提高水利工程建设效率和质量,必须建立健全质量监督管理体系,严格控制水利工程建设全过程。混凝土施工是水利工程建设的重要环节,在水利工程建设中得到了广泛的应用。施工单位需要在施工阶段进行全面的质量管理,严格管理混凝土施工的各个环节,改进施工工艺,提高混凝土施工水平,发现施工中的不足,及时调整和改进,确保施工有序进行,从而有效提高水利工程质量和使用寿命,为经济社会高质量发展提供保障。

**[关键词]** 混凝土施工; 防渗施工; 质量控制

**中图分类号:** TV331 **文献标识码:** A

## Construction Method and Technology of Concrete for Hydraulic Tunnel

Wei Zhang

Xinjiang Irtysh River Investment and Development (Group) Co., Ltd

**[Abstract]** In order to effectively improve the efficiency and quality of water conservancy project construction, we should establish a sound quality supervision and management system, and strictly control the whole process of water conservancy project construction. Concrete construction is an important link in the construction of water conservancy projects and has been widely used in the construction of water conservancy projects. Construction units need to carry out comprehensive quality management in the construction phase, strictly manage all links of concrete construction, improve construction technology, improve the level of concrete construction, find out the shortcomings in the construction and timely adjustment and improvement, to ensure that the construction is carried out in an orderly manner, so as to effectively improve the quality and service life of water conservancy projects, and provide guarantee for the high-quality development of economic society.

**[Key words]** concrete construction; seepage prevention construction; quality control

### 前言

水利工程建设离不开混凝土施工,为有效提高水利工程施工效率和质量,建立健全质量监督管理体系,在施工全过程进行严格把控,水利工程混凝土施工是工程建设的重要环节。随着隧道施工机械化的不断提高,隧洞衬砌施工方法日趋先进,施工质量不断提高,书写此文为水工隧洞混凝土施工标准化施工提供参考。

### 1 水工隧洞混凝土衬砌施工方法

水工隧洞边拱衬砌采用液压衬砌台车,合理控制每组衬砌长度。每组衬砌长度设置为12m,衬砌台车通过调整液压杆使模板正确对齐;拱、墙二衬混凝土整体灌注。拱内每隔3m预留回填灌浆孔,待混凝土达到设计强度后进行灌浆。

衬砌混凝土在搅拌站集中搅拌,混凝土搅拌车运输,混凝土输送泵送入模具;混凝土通过模板的预留灌注窗,自下而上,从水平层的两端对称浇筑,浇筑边缘,每层浇筑厚度不超过40cm,

相邻两层浇筑时间不超过1.5小时,以确保上下混凝土在初凝前结合良好,不形成施工冷缝,混凝土浇筑过程垂直自由落体高度不超过2m,采用附着式振捣器和插入式振捣棒夯实。由专人负责夯实,以确保混凝土与初始支撑面紧密结合,混凝土衬砌内部坚固,外部轻盈。

混凝土浇筑结束后12小时,从堵板上浇水并养护。拆模后应及时进行喷水养护,养护时间不少于28天。主、支洞交叉口是围岩应力的薄弱环节。根据设计,设置钢筋段,交叉口和主洞混凝土同时浇筑。当钢筋安装在隧道模衬中时,经检查合格后,在钢筋加工厂进行预加工,并运至现场进行人工绑扎。钢筋由钢筋平台安装。

### 2 水工隧洞混凝土衬砌施工工艺

洞身混凝土衬砌施工工艺流程如图1所示。

#### 2.1 主要施工工艺要点

(1) 复检钢筋。台车就位前,应根据测量隧道的中线和标高,

再次检查固定钢筋的结构尺寸,以检查钢筋的位置是否正确,保护层是否符合要求,主环向钢筋内外是否安装了混凝土保护层垫层,衬砌台车应在满足要求后就位。

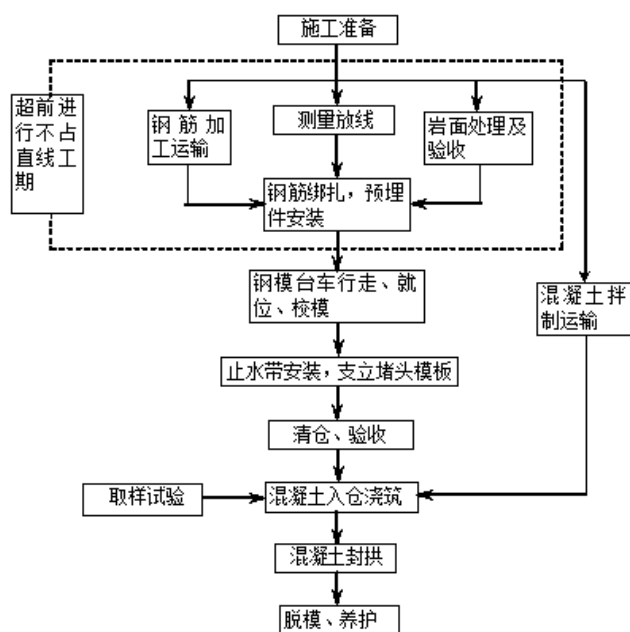


图1 洞身混凝土施工工艺流程图

(2) 台车就位、堵头模板安装。钢模台车移动到已设备浇筑的位置,调整横向给油缸,使模板与隧道中心对齐,然后升起顶模油缸,在顶模就位后将侧模油缸调整到位,安装并拧紧手动螺旋千斤顶和支柱。小车就位后,检查小车的位置、尺寸、方向、标高、坡度和稳定性。符合要求后,安装挡板模板、接缝止水带和密封橡胶条以及拱灌浆管。塞模由钢模板制成。

### 2.2 混凝土施工

衬砌混凝土在搅拌站集中搅拌,混凝土搅拌车运输,混凝土输送泵泵送入模具。

(1) 底模混凝土浇筑:通过底模工作窗口浇筑混凝土,并浇筑3~4小时。为了使混凝土表面光滑,减少气泡缺陷,浇筑过程中应连接附加振动器,插入式振动器可同时振动。在施工过程中,应严格控制底模的铸造速度,防止台车浮动。

(2) 侧模混凝土浇筑:混凝土通过侧模工作窗口进行浇筑。为保证托盘受力均匀,左右模板混凝土应间隔浇筑,混凝土表面高差不大于0.5m,每浇筑一层混凝土应采用插入式振捣器振捣。

(3) 顶模混凝土浇筑:混凝土通过顶模灌浆口进行浇筑。在顶模浇筑过程中,应注意混凝土浇筑情况。当发现混凝土已全部浇筑完毕时,应立即停止泵送混凝土,以免顶模局部压力过大,造成模板变形。混凝土浇筑完毕后,用附件振捣器振捣。

### 2.3 混凝土养护

浇筑孔内混凝土衬砌并拆除模具后,应及时进行水养护。混凝土的养护期应按规定进行。

### 2.4 混凝土接缝处理

混凝土施工缝和基岩与衬砌混凝土接触,在混凝土浇筑前

需要对接缝表面进行处理,使用高压水,清除接缝表面和岩石表面污染物。

### 3 防渗施工方法及工艺

#### 3.1 隧洞防渗和排水施工遵循“堵”、“截”、“排”的原则

隧洞衬砌永久缝采取全断面(横向环状)防渗,结构缝宽20mm。止水材料选用651A型橡胶止水带,宽350mm,厚10mm;GB膨胀止水条宽2cm,厚3cm;聚乙烯闭孔塑料板。

#### 3.2 材料质量控制

根据施工进度计划,制定密封材料和排水材料的采购计划,根据合同文件要求的物理力学指标选择生产厂家,到货后按标准要求抽样检验,合格后进行加工。

(1) 止水设施的类型、尺寸、埋设位置和材料规格符合本工程施工图纸的规定。

(2) 密封材料的质量标准符合《水工建筑物止水带技术规范》DL/T5215-2005的要求,安装时应防止变形和撕裂。止水带和材料的抗拉强度和撕裂强度应大于12MPa和25MPa。

#### 3.3 橡胶止水带(条)的安装

(1) 衬砌施工缝处设置GB止水带,结构缝处设置埋地止水带。

(2) 橡胶止水带根据制造商的说明手册进行加热、拼接或搭接。橡胶止水接头的抗拉强度不应低于基材强度的75%。应通过使用经批准的仪器测试接缝的阻力来测试防水接缝的透水性。

(3) 止水条安装:纵向施工缝用木条或金属构件固定在端模中部,混凝土浇筑后形成凹槽。槽的深度是止水带厚度的一半,宽度是止水带宽度的一半。模具拆除后进行清洁。在浇筑下一圈混凝土之前,清理预留凹槽,清除残留物,打磨凹槽壁,最后在凹槽中粘贴止水带。然后定位模板台车并浇筑下一个循环的混凝土。

(4) 止水带的安装:设置橡胶止水带的1/2宽度,模板校正后进行固定。沿衬砌环线每0.5~1.0m在端部模板上钻一个 $\phi 12$ 钢筋孔,用钢筋卡穿过挡板,将止水带的一半内侧,将止水带的另一半平放在挡板上,待混凝土凝固后,拆除挡板,止水带矫直,然后弯曲钢筋以紧固止水带。挡水板外侧应设置背撑钢筋,钢筋卡通过板与钢丝连接,确保止水带安装不变形。

(5) 橡胶止水接头在现场加热拼接或搭接时,采用拼接(搭接)热焊焊接。搭接接头的侧面首先被压平,然后用吹风机或其他加热器加热。最后,连接压力塔,塔的长度为30cm。

#### 3.4 止水带周围混凝土浇筑及保护

(1) 在止水带周围浇筑混凝土时,质量检查人员必须在场,重点是混凝土浇筑的现场监测。安排专人看管止水带,防止人为踩踏、下料或振动等原因造成止水带弯曲、跑偏,如发现弯曲、跑偏等,应立即纠正。

(2) 止水周围钢筋密集区宜采用二级配。混凝土浇筑过程中,下料距止水带不小于1m,料堆高度不大于1m,并采取措施防止大骨料在止水带周围聚集,如采取人工喂料。如发现大骨料集中,必须予以挖除。止水带周边混凝土应仔细振捣密实。收仓时止水带周边混凝土应高出收仓面10~20cm。

(3) 浇筑过程中, 止水带周围出现泌水集中时, 必须及时清除。

(4) 下料时, 严禁碰撞、挤压止水带支撑托架, 如已被压损应立即恢复; 严格检查止水带在缝面处有无破裂、受损, 若有破损应予以修补后再浇筑混凝土。

(5) 不允许混凝土收仓线与水平止水带平齐, 止水带下部应预留20cm~50cm空间或上部覆盖20cm~50cm混凝土。

(6) 浇筑混凝土施工对竖向止水带两侧同时进行, 防止两侧高差过大。

### 3. 5 质量控制及保证措施

(1) 编制止水带施工作业指导书, 详细制定止水带的安装、焊接工艺。

(2) 执行焊接工艺持证上岗制度, 对焊工先进行培训, 考试合格后发证, 持证上岗, 并定期检查。每个焊工施焊之前, 先在仓内相同操作条件下做焊接工艺试验, 样品合格后再进行止水带焊接。

(3) 所有止水带, 特别是接头, 均进行外观检查, 接头定期抽样进行机械性能检查。监理认为有必要进行渗油检查, 检查合格后进行清洗。

(4) 止水带按图纸设计要求安装到位后, 用钢筋夹固定, 防止变形移位。铜封板应使用整块专用模板, 以确保密封带定位牢固, 接缝不泄漏。

(5) 止水带的定位装置必须在混凝土浇筑前经监理检查并批准。

(6) 模板应牢固, 止水带两侧的模板应采用“Ω”形或其他支撑结构支撑, 以避免因模板变形而导致平台错误和泄漏。

(7) 浇筑过程中, 应避免止水带内聚集大量骨料, 并仔细振捣, 确保止水带接缝处混凝土密实。

(8) 合理安排布料和振捣程序, 注意避免止水带集中泌水。

(9) 不应采用嵌入的交叉缝插件作为支撑止水带。

(10) 在混凝土浇筑过程中, 承包商应安排专人进行检查和管理。监理人应加强对止水现场的检查, 如发现偏差, 应指示承包商及时纠正。

(11) 混凝土收集后, 水平止水带的覆盖厚度不小于30cm。

## 4 回填灌浆施工及工艺

钢筋混凝土衬砌顶部必须回填灌浆, 回填灌浆的目的是填充隧道混凝土衬砌间隙进行灌浆, 灌浆孔为 $\phi 50$ , 孔间距2.0m, 排距2.5m, 梅花形布置, 深基岩5cm。现浇边拱顶预留灌浆孔, 每30m为一个灌浆单元。在现浇混凝土达到设计强度的70%后, 应尽快进行回填灌浆。灌浆压力为0.3~0.5MPa, 灌浆材料选用水泥浆。

### 4. 1 埋孔

钢筋混凝土衬砌中的回填灌浆孔通过嵌入管道钻至岩石中5cm的深度或监理指示的深度, 并测量混凝土厚度和空腔尺寸。回填灌浆前, 应对衬砌混凝土的施工缝和混凝土缺陷进行全面

检查, 并及时处理可能出现的渗漏部位。

### 4. 2 灌浆

(1) 回填灌浆应按照划分的灌浆段严格顺序进行。应根据地质条件确定顺序号和方法, 并提交监理批准。

(2) 回填灌浆的灌浆压力和浆液的水灰比根据灌浆试验确定, 回填灌浆压力不应大于0.5MPa。间隙较大的部分用水泥砂浆填充, 但含砂量不超过水泥重量的200%。

(3) 在规定的回填灌浆压力下, 灌浆孔停止抽吸并继续填充5min。

(4) 回填灌浆因故中断时, 应尽快恢复灌浆, 中断时间大于30min。试着将其清理至原始孔深, 然后重新灌浆。此时, 如果灌浆仍然不吸水, 则需要重新钻最近的灌浆孔。

(5) 灌浆后, 清除钻孔中的水和污垢, 用稠浆密封和抹平整个孔, 并切割暴露于衬砌混凝土表面的埋管。

### 4. 3 质量检查

(1) 回填灌浆的质量检查应在该部分灌浆结束后7天进行。灌浆完成后, 按要求向监理提交灌浆记录和相关信息, 以确定检查孔位置。检查孔应布置在断层、涌水、气蚀较大、灌浆孔集中、灌浆条件异常的部位。检查孔的数量应为灌浆孔总数的5%。

(2) 钻孔灌浆法用于检查回填灌浆的质量。向孔内注入水灰比为2:1的灌浆液。在规定压力下, 最初10分钟内的注入量不超过10L, 即为合格。否则, 应处理监理指示或批准的措施。

(3) 回填灌浆完成后, 用水泥砂浆密封钻孔, 并将孔口压平。

## 5 结语

水利隧洞施工是水利工程中十分关键的组成部分, 同时也是受外界因素影响较大的复杂性施工过程, 并且施工过程中存在很大的风险系数。因此, 必须重视隧洞施工过程中的每一道工序, 做好每一阶段的施工细节工作, 合理选用施工工艺, 促使水利隧洞施工质量的提升, 进一步促进我国水利事业的顺利发展。

### 【参考文献】

[1]高山.小直径承压隧洞混凝土衬砌设计与施工方法[J].黑龙江水利科技,2016,44(3):95-96.

[2]胡利.引水洞混凝土衬砌渗漏水的治疗方法[J].黑龙江交通科技,2017,40(1):130-131.

[3]李正惠,吴建平.尾水隧洞衬砌混凝土施工[J].人民长江,2000,31(4):13-14,22.

[4]史忠义,杨伟,张海霞.三里坪电站引水隧洞混凝土施工及缺陷处理[J].人民长江,2012,43(6):73-75,78.

[5]卫瑞岗.比较不同隧洞衬砌混凝土施工方法[J].山西水利科技,2010,(4):35-37.

### 作者简介:

张伟(1992—),男,汉族,河北石家庄人,本科,工程师,研究方向:水利工程施工管理;从事工作:水利工程管理。